UEBER DIE EINWIRKUNG VON SALZLÖSUNGEN AUF DEN KEIMUNGSPROZESS DER SAMEN EINIGER EINHEIMISCHER CULTURGEWÄCHSE.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

BEI DER

HOCHLÖBLICHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT FREIBURG

VORGELEGT VON

M. JARIUS.

BERLIN 1885.

DRUCK VON GEBR. UNGER

SCHÖNEBERGERSTRASSE 17A.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550827_0095

Unter den mannigfaltigen Einflüssen, welche die Entfaltung der embryonalen Anlagen im Samenkorn beherrschen, nehmen diejenigen der chemischen Agentien eine beachtenswerthe Stellung ein.

Ueber die Einwirkung derselben auf die Keimung sind zahlreiche Versuche angestellt worden, und zwar hauptsächlich zur Beantwortung der Frage, welche Mittel geeignet sein könnten, einerseits die Keimung, besonders alter, in der Keimkraft geschwächter Samen, zu fördern, andererseits dieselben von anhaftenden Sporen gewisser, die Vegetation beeinträchtigender Pilze zu befreien. Fast ausschliesslich wurde nach dieser Richtung hin der Einfluss der sogenannten Beizmittel erforscht, unter denen die Alkalien, Säuren und einige Salze der Schwermetalle eine besondere Berücksichtigung erfahren haben. Von den Salzen der Leichtmetalle und alkalischen Erdmetalle waren es hauptsächlich die basischen und sauren, deren Wirkung einer näheren Prüfung unterworfen wurde, während der Einfluss der neutralen Salze als Beizmittel in weniger eingehender Weise untersucht worden ist. Die überhaupt in geringer Zahl mit ihnen angestellten Versuche hatten meist nur zum Zweck, darzulegen, bis zu welchem Grade diese Salze ohne Schädigung der Keimkraft bei der Platz- resp. Samen-Düngung noch angewandt werden durften. Da bei Anstellung dieser Versuche aber die verschiedenen Experimentatoren in der Berücksichtigung aller massgebenden Faktoren nicht gleichmässig verfahren sind, so gelangten sie zu unter sich sehr abweichenden

Resultaten, deren praktische Bedeutung für die überdies jetzt längst über Bord geworfene Samendüngung weit hinter den Erwartungen zurückgeblieben ist. Es dürfte daher gerechtfertigt erscheinen, wenn im Folgenden vom einheitlichen Gesichtspunkte aus eine Zusammenstellung der Einwirkungen der hauptsächlichsten neutralen Salze der Alkalien auf den Keimungsprocess gegeben wird, und zwar solcher Salze, welche im technischen Betriebe der Landwirthschaft als Düngsalze Verwendung finden.

Der Beschreibung der Versuche und deren Resultate mögen die Angaben der Literatur über den vorliegenden Gegenstand vorangehen.

Seit Humboldt[1]), welcher beobachtet hatte, dass alte Samen in Chlorwasser sich keimfähig zeigten, sind die Basen und Säuren betreffs ihrer Einwirkung auf die Keimung wiederholt in Untersuchung genommen worden, so von Schnurrer[2]), Vonhausen[3]), Davy[3]).

Der Frage, wie die durch Wechselwirkungen der Basen und Säuren entstandenen neutralen Salze der Alkalien und alkalischen Erden der Keimung gegenüber sich verhalten, ist Tautphöus[4]) durch seine Versuche über den Einfluss des Einquellens der Samen in Salzlösungen auf deren Keimung näher getreten. Er fragte sich:

„1. wie verhält sich die Keimfähigkeit der Samen, wenn dieselben in verschieden concentrirten Lösungen verschiedener Salze eingequellt werden?

2. wie verhält sich die erste Entwicklung unter diesen Einflüssen?“

Als Versuchssalze verwendete er: Chorkalium, Chornatrium, salpetersaures Natron, salpetersauren Kalk, schwefelsaures Natron und saures phosphorsaures Natron; als Versuchssamen: Weizen, Roggen, Raps, Mais, Bohnen und Erbsen.

Bei seinen Versuchen verfuhr Tautphöus in der Weise, dass er die Samen in Salzlösungen verschiedener Concentration eine

1) Aphorismen a. d. chem Pflanzenphysiologie, übersetzt von Fischer 1794. pag. 60.

2) Landw. Versuchs-Stationen. Bd. IV. pag. 143.

3) Rob. Hoffmann, Jahresbericht über die Fortschritte der Agriculturchemie. Jahrg. 1859—60. pag. 106.

4) Centralbl. f. Agriculturchemie. Bd. IX. pag. 351.

gewisse Zeit lang einquellte, sie alsdann auf Fliesspapier exponirte und keimen liess. Zuerst wandte er die Salze einzeln an, zuletzt ein Gemisch derselben. Die Concentrationen der Lösungen waren 0,5; 1,0; 1,5; 2; 3 und 5 pCt.

Tautphöus folgerte aus seinen Versuchen, dass die Keimfähigkeit bei den im destillirten Wasser eingequellten Samen am besten war, um so mehr aber herabgedrückt wurde, je concentriter die zum Einquellen benutzte Salzlösung war. Verschiedene Samen zeigten den Salzlösungen gegenüber ein verschiedenes Verhalten. Während Rapssamen dem nachtheiligen Einfluss der Lösungen den grössten Widerstand entgegenstellte, selbst bei 2 proc. Concentration desselben wie im destillirten Wasser keimte, wurden alle übrigen Samen schon in 0, 5proc. Lösung mehr oder weniger beeinträchtigt. Nur in der Chlornatriumlösung ist das Wachsthum der Plumula und Radicula selbst bei 3 proc. Concentration bei den entwickelten Keimpflänzchen kräftiger gewesen als bei denjenigen der im Wasser gequollenen Samen. Für diese Erscheinung weiss Tautphöus keine Erklärung zu geben, während seine allgemeine Ansicht ist, dass die Zufuhr chemischer Agentien zur Beeinflussung der Keimung nur die Auflockrung der Testa oder das Zuhilfekommen der geschwächten, nicht ganz erloschenen Lebensfähigkeit eines Embryos bezweckt, dass aber die Tödtung verderblicher Pilzsporen ein entfernterer Zweck ist, und dass die Samenbeizen Pflanzengifte sind.

Aus seinen Versuchsresultaten zog Tautphöus den Schluss:

„1. man müsse Reizmittel vorsichtig anwenden, in 0,5 proc. Concentration,

2. Düngemittel mit leicht löslichen Pflanzennährstoffen dürfe man nicht in zu grossen Mengen, wenigstens nicht kurz vor der Saat anwenden, um die Keimfähigkeit der Samen nicht zu beeinträchtigen resp. die Entwicklung der Keimpflanzen nicht zu schädigen.“

Wenn auch daran nicht zu zweifeln ist, dass Tautphöus seine Versuche scharfsinnig genug durchgeführt hat, um aus ihren Resultaten wichtige Schlüsse zu ziehen, so ist ihm dennoch der Vorwurf zu machen, dass er, wenn auch die Concentration der Salzlösungen, nicht aber die Dauer der Einwirkung derselben auf

die Keimung der Samen und die äussere Temperatur in genügender Weise berücksichtigt hat.

Dasselbe gilt von Nessler[1]), welcher keine Angaben über die erwähnten, bei der Keimung so sehr in Betracht kommenden Momente macht. Der Grund dafür, dass die verschiedenen Forscher verschiedene Resultate bei ihren Keimversuchen erhalten haben, möchte ausser in der Individualität der Samen zum grösseren Theile darin zu suchen sein, dass sie nicht in übereinstimmender Weise den auf die Keimung Einfluss habenden Nebenumständen Rechnung getragen haben. Während, wie schon erwähnt, nach Tautphöus Rapssamen erst in einer stärkeren als 2proc. Lösung von Chlornatrium Schaden leidet, fand Nessler[1]), dass schon eine 0,5 proc. Chlornatriumlösung nachtheilig auf keimende Raps- und Kleesamen einwirkte. Von Tautphöus' Resultaten weicht auch das Resultat Nessler's ab, dass Weizen noch in einer 1 proc. Chlornatriumlösung keimte. Vollständiger als in dieser keimte er in einer 1 proc. Lösung von schwefelsaurem Ammon.

Aus seinen Versuchen folgerte Nessler ebenso wie Tautphöus: der Salzgehalt des Quellwassers dürfe 0,5 pCt. nicht überschreiten, um eine Benachtheiligung der Keimkraft der Samen zu verhüten. Er suchte nachzuweisen, dass das Einweichen der Samen in düngende Lösungen zur Fernhaltung von Mäusen und Insekten, und um ein schnelleres Auflaufen der Saat zu bewirken, nur mit Vorsicht vorgenommen werden darf.

Wie Tautphöus gelangte er zu dem Schlusse: die im künstlichen Dünger, in der Jauche dem Boden zuzuführenden Nährstoffsalze sind viel niedriger als 0,5 pCt. der Bodenflüssigkeit zu bemessen, da durch Verdunstung des Bodenwassers an der Bodenoberfläche die Lösungen im Boden concentrirter und in Folge der Capillarität des Bodens besonders in der Krume angesammelt werden. Der Landwirth hat daher mit aller Umsicht sein Augenmerk darauf zu richten, dass die zur Verwendung kommenden Nährstoffsalze in gehöriger Verdünnung im Boden zur Circulation gelangen, damit ein ungleicher Stand der Feldfrüchte oder gar Missernten vermieden werden. Um dies zu erreichen, ist es nöthig,

1) Centralbl. f. Agriculturchemie. Bd. XII. pag. 125.

dass flüssige Dünger, wie Jauche, nicht unmittelbar vor der Saat aufgebracht, und dass Stallmist gleichmässig ausgebreitet wird.

Wenn schon das Bestreben Nessler's anzuerkennen ist, seine Resultate praktisch zu verwerthen, so kann doch seinen zuletzt erwähnten Schlussfolgerungen eine hohe praktische Bedeutung nicht zugewiesen werden. Es ist klar, das bei Verwendung der bei den Landwirthen üblichen auch grössten Mengen von Düngsalzen die von Nessler befürchteten nachtheiligen, concentrirten Salzlösungen im Boden doch niemals entstehen. Nessler selbst stellte mit Hilfe des annähernd zu bestimmenden Gehaltes des Bodens an Bodenflüssigkeit eine Rechnung an, aus welcher hervorgeht, dass bei Anwendung von 300 *kg* Salz pro Hektar im Boden nur eine Lösung von 0,175 proc. Concentration entsteht.

Die von ihm gewonnenen Resultate haben gleich den von Tautphöus erlangten ausser dem für die früher häufig angewandte Samendüngung praktischen Interesse auch ein wissenschaftliches; sie lehren im Allgemeinen, dass concentrirtere Salzlösungen die Keimung stärker benachtheiligen, als verdünntere.

Dasselbe suchten Fleischer[1]) und Zeller[2]) durch Versuche festzustellen. Zeller fand bei der Prüfung der Einwirkung von salpetersaurem Kali auf die Keimung von Samen der Kresse, dass dieselben in 2 proc. Lösung „gar nicht", in 1 proc. „mangelhaft", in 0,33 proc. Lösung „gut" keimten; dass Hafer in 0,25 proc. Gypslösung „gut", in mit 1 proc. Lösung von schwefelsaurer Magnesia befeuchtetem Sande „sehr gut" keimte. — Bei Fleischer verursachte eine 11,5 proc. Lösung von salpetersaurem Natron eine verzögerte Keimentwicklung der meisten Samen, störte die Lebensfähigkeit nur eines Theiles der Körner von Weizen, Mais und Raps. Eine 11 proc. Chlornatriumlösung liess Dinkel, Gerste, Buchweizen, Runkelsamen so gut fortkommen, wie destillirtes Wasser; theilweise blieben Weizen, Lein, Raps und Mais aus.

Die Resultate aller erwähnten Untersuchungen weichen vielfach von einander ab. Es sei nur erinnert, dass, während Rapssamen bei Fleischer erst in 11procentiger Chlornatriumlösung

1) Nobbe, Samenkunde 1876, pag. 269.

2) Zeller, Inaug.-Diss., Untersuchung über die Einwirkung verschiedener Stoffe auf das Leben der Pflanze. 1826.

in der Keimung benachtheiligt wurde, dies bei Nessler schon in etwas concentrirterer als 0,5proc. Lösung geschah; dass, während bei Tautphöus noch in 3proc. Chlornatriumlösung, die Plumula und Radicula, wie aller in Untersuchung gezogenen Samen, so auch des Weizens sich besser als im destillirten Wasser, entwickelten, dies bei Nessler schon in 0,75proc. Chlornatriumlösung weniger gut vor sich ging, als in den verdünnteren Lösungen und im destillirten Wasser.

Schon Haberlandt[1]) macht darauf aufmerksam, dass die in der Literatur angeführten Verdünnungen, in denen die Salzlösungen bei einer Platz- resp. Samendüngung zur Verwendung kommen sollen, mit grösster Vorsicht aufzunehmen sind.

Die in der Literatur zerstreut sich findenden Angaben bezüglich der anzuwendenden Verdünnungen sind folgende:

salpetersaures Kali	in	200—300	facher	Verdünnung
salpetersaures Natron	„	50—100	„	„
salpetersaurer Kalk	„	100—300	„	„
Chlornatrium	„	10— 25	„	„
schwefelsaure Magnesia	„	50—100	„	„
schwefelsaures Natron	„	20— 50	„	„

Welch grosse Beachtung die Individualität der Samen bei den Keimungsversuchen verdient, geht zur Genüge aus Nobbe's[2]) Untersuchungen hervor; viele Samen, obwohl vollständig normal und keimfähig, keimen nicht. Die Erklärung für diese Erscheinung glaubt Nobbe in der Beschaffenheit der Testa zu finden. Jahre lang vermögen solche Samen in diesem Zustande zu verharren, ehe sie Keime entwickeln.

Wie sehr die Dauer des Einquellens und die äussere Temperatur die Keimung beeinflussen, zeigt Haberlandt[3]), aus dessen Versuchen erhellt, dass das 24stündige Einquellen bei 3—20° C. der Keimung der meisten Samen noch nicht nachtheilig ist, dass sich aber der schädliche Einfluss mit der Temperaturerhöhung resp. der Verlängerung der Dauer des Einquellens steigert. Anders

1) Haberlandt, allgem. landw. Pflanzenbau. 1879. pag. 88.
2) Landw. Vers.-Stat. Bd. II. pag. 22.
3) Centralbl. f. Agriculturchemie. Bd. XII. pag. 233.

wie die meisten übrigen Samen verhalten sich Hafer und Gerste, welche schon bei 24stündiger Quellung bei 3—20° C. nicht unbedeutend leiden; Haberlandt hält eine 12stündige Quellzeit für die noch bei Hafer und Gerste günstige Dauer der Quellung.

Gegen die erwähnten Untersuchungen lässt sich noch der Einwand machen, dass zwar das Keimprocent, nicht aber die Keimqualität in genügender Weise berücksichtigt worden ist. Nobbe[1]) hält dies für dringend nothwendig, da nur die auf diese Weise bei den Keimversuchen erlangten Resultate massgebend sein können.

In den neuen Versuchen wurden von den 3 Stadien des Keimungsprocesses lediglich die Quellung und die Keimung in Untersuchung genommen.

Von Nährstoffsalzen wurden folgende in Anwendung gebracht: Chlorkalium, Chlornatrium, salpetersaures Kali, salpetersaures Natron, schwefelsaures Kali, schwefelsaures Ammon, saurer phosphorsaurer Kalk und Nährlösung.

Die Concentrationen der von diesen Salzen bereiteten Lösungen waren im Allgemeinen: 0,4; 1 und 2 pCt., welche stets aus einer 2proc. Lösung hergestellt wurden. Eine Ausnahme hat beim sauren phosphorsauren Kalk und bei der Nährlösung stattgefunden, welche aus einleuchtenden chemischen Gründen, um die Bildung von Niederschlägen möglichst zu vermeiden, nur in 0,2proc. Concentration benutzt wurden.

Vorversuche mit Chlornatrium und Erbsen haben erkennen lassen, dass eine 0,2 proc. Lösung eine günstige, eine 1 proc. eine minder günstige und eine 2 proc. eine ganz ungünstige Wirkung hervorrief. Von stärkeren Concentrationen als 2 pCt. wurde abgesehen.

Von Samen wurden der Einwirkung der Salzlösungen ausgesetzt: Hafer, Gerste, Sommerroggen, Winterroggen, Winterweizen, Pferdezahnmais, Erbsen, Wicken, Winterraps, Winterrüben und Rothklee.

Alle verwendeten Samen waren ungefähr 1 Jahr alt, vollständig normal und keimfähig. Es wurde stets eine bestimmte

1) Nobbe, Samenkunde, 1876.

Zahl der Samen ohne Rücksicht auf ihre Grösse ausgewählt, sofern sie nur gesund und unversehrt waren.

Um niemals über die Keimfähigkeit der Samen einen Zweifel aufkommen zu lassen, liefen den Versuchen mit den Salzlösungen Controlversuche mit destillirtem Wasser parallel. Die Individualität der Samen bezüglich des Eintrittes der Keimung hat sich sehr wenig geltend gemacht; und da sich überdies viele Regelmässigkeiten, die nicht zufällig sein konnten, bei der Wirkung der verschiedenen Salzlösungen ergaben, so durfte im morphologischen Theile des Keimungsprocesses von Parallelversuchen im engeren Sinne Abstand genommen werden. Bei der Quellung war es anders; da kam es darauf an, zu untersuchen, ob, während der Individualität der Samen genau Rechnung getragen wurde, sich für jedes Salz nicht bestimmte Gesetzmässigkeiten nachweisen liessen. Zu dem Zwecke wurde eine bei allen Salzlösungen gleiche Anzahl von Parallelversuchen angestellt.

I. Quellung.

Die Quellungsversuche wurden im Anschlusse an die von Detmer[1]) constatirte Erscheinung angestellt, dass Erbsen bei der Quellung im destillirten Wasser eine bedeutendere Zunahme an Gewicht erfahren, als bei der Quellung in Chlornatriumlösung.

In den neuen Versuchen hat nicht allein eine Untersuchung über die Gewichts-, sondern auch über die Volumenzunahmen und die specifischen Gewichte in Salzlösungen quellender Samen stattgefunden. Ferner wurde der Einfluss sämmtlicher oben erwähnter Salzlösungen auf die Quellung geprüft. Die Versuche haben insofern eine Beschränkung erhalten, als nur die Quellung der Erbsen unter dem Einflusse der Lösungen betrachtet worden ist.

Die Gefässe, in denen die Quellung vor sich ging, waren zur Verhütung der Verdunstung des Wassers und des damit verbundenen Concentrirtwerdens der Lösungen mit Glasplatten überdeckt. Das diffuse Licht konnte ungehindert zu den quellenden Erbsen zutreten, da Nobbe[2]) nachgewiesen hat, dass das Licht ohne Einfluss auf die Quellung ist.

1) Centralbl. f. Agriculturchemie. Bd. XIII. pag. 605.
2) Nobbe, Samenkunde, 1876.

Während Detmer bei seinen Untersuchungen gleich grosse und schwere Erbsen gewählt hat, wurde in den neuen Versuchen von 20 normal beschaffenen, lufttrocknen Erbsen das Gewicht, Volumen und das specifische Gewicht bestimmt. 48 Stunden lang wurden die Erbsen der Einwirkung der Lösungen ausgesetzt; alle 24 Stunden wurde das Gewicht, Volumen und specifische Gewicht der gequollenen Samen in gleicher Weise wie bei den lufttocknen festgestellt.

Die äussere Temperatur betrug im Durchschnitt 15—20° C.

Die nun folgenden Tabellen enthalten die aus den 3 Parallelversuchen gewonnenen Mittelzahlen mit 2 abgekürzten Decimalen.

Dauer der Einwirkung in Stunden	Concentration der Lösungen von Chlornatrium, in welche je 20 Samen eingelegt wurden											
	0,0 pCt.			0,4 pCt.			1,0 pCt.			2,0 pCt.		
	G	V	S	G	V	S	G	V	S	G	V	S
0	2,85	2,10	1,35	2 84	2,16	1,31	2,72	2,06	1,32	2,85	2,13	1,34
24	5,60	4,83	1,16	5,58	4,84	1,15	5,20	4,45	1,16	5,30	4,49	1,18
48	5,86	5,07	1,16	5,71	4,89	1,17	5,29	4,51	1,18	5,42	4,51	1,20

G = Gewicht in *g*, V = Volumen in *ccm*, S = spec. Gew.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass nach 24 Stunden das Gewicht in der 0,4 proc. Lösung fast ebenso viel zugenommen hat, als im destillirten Wasser, während das Volumen eine bedeutend geringere Zunahme erfahren hat. Nach 48 Stunden aber ist sowohl die Gewichts- als auch die Volumenzunahme in der 0,4 proc. Lösung geringer gewesen, als im destillirten Wasser. Dabei ist das Volumen mehr beeinträchtigt worden als das Gewicht; dies bestätigt das specif. Gewicht, welches nach 48 Stunden höher als nach 24 Stunden gewesen ist.

Dieselben Beobachtungen, wie bei der 0,4 proc. Concentration, sind auch bei allen übrigen Concentrationen gemacht worden, mit dem Unterschiede jedoch, dass in der 1- und 2 proc. Lösung das Gewicht von Anfang der Quellung an eine geringe Zunahme erfahren hat.

Die Gewichts- und Volumenzunahmen erniedrigten sich in

den Lösungen um so mehr, je höher der Concentrationsgrad derselben wurde, und je länger die Einwirkung dauerte, so dass sie am stärksten in der 0,4 proc. Lösung, am schwächsten aber in der 2 proc., und nach 24 Stunden bedeutender, als nach 48 Stunden gewesen sind. Mit dem höheren Concentrationsgrade der Lösungen verringerte sich die Volumenzunahme mehr als die Gewichtszunahme, so dass das Verhältniss von Volumen zu Gewicht in der 2 proc. Lösung am weitesten, in der 0,4 proc. am engsten gewesen ist. Dies hat sich am meisten nach 48 Stunden geltend gemacht.

Dasselbe, was die eben betrachtete Tabelle, lässt auch die folgende erkennen, welche über die Einwirkung von salpetersaurem Natron auf die Quellung Aufschluss gewährt.

Dauer der Einwirkung in Stunden	Concentration der Lösungen von salpeters. Natron, in welche je 20 Samen eingelegt wurden											
	0,0 pCt.			0,4 pCt.			1,0 pCt.			2,0 pCt.		
	G	V	S	G	V	S	G	V	S	G	V	S
0	3.12	2.23	1.39	3,29	2,32	1,41	3,28	2,35	1,39	3,41	2,45	1,39
24	6,18	5,40	1,14	6,34	5,47	1,16	6,27	5,38	1,16	6,30	5,49	1,15
48	6,46	5,66	1,14	6,56	5,67	1,16	6,44	5,50	1,16	6,47	5,53	1,17

Dass pecif. Gew. ist, wie diese Tabelle zeigt, nach 48 Stunden in der 2 proc. Lösung höher gewesen, als in den verdünnteren Lösungen und im destillirten Wasser.

Von Chlornatrium und salpeters. Natron abweichend hat sich das salpeters. Kali der Quellung gegenüber verhalten, indem in der 0,4- und noch mehr in der 1 proc. Lösung das Volumen nach 24 Stunden bedeutender zugenommen hat als im destillirten Wasser. Nach 48 Stunden ist die früher beobachtete Gesetzmässigkeit wieder aufgetreten. Dies lehrt die folgende Tabelle.

(Siehe Tabelle auf S. 13.)

Das Gewicht hat in der 0,4 proc. Lösung von Anfang der Quellung an eine viel geringere Zunahme erfahren, als im destillirten Wasser. Auch das Chlorkalium hat sich in der 0,4 proc.

Dauer der Einwirkung in Stunden	Concentration der Lösungen von salpeters. Kali, in welche je 20 Samen eingelegt wurden											
	0,0 pCt.			0,4 pCt.			1,0 pCt.			2,0 pCt.		
	G	V	S	G	V	S	G	V	S	G	V	S
0	3,33	2,42	1,38	3,28	2,30	1,43	3,44	2,43	1,42	3,39	2,45	1,38
24	6,55	5,57	1,18	6,38	5,50	1,16	6,63	5,67	1,17	6,37	5,42	1,18
48	6,82	6,02	1,13	6,60	5,75	1,15	6,75	5,88	1,15	6,49	5,53	1,17

Lösung unregelmässig gezeigt, was aus der nächsten Tabelle erhellt.

Dauer der Einwirkung in Stunden	Concentration der Lösungen von Chlorkalium, in welche je 20 Samen eingelegt wurden											
	0,0 pCt.			0,4 pCt.			1,0 pCt.			2,0 pCt.		
	G	V	S	G	V	S	G	V	S	G	V	S
0	3,06	2,20	1,39	3,16	2,20	1,44	3,25	2,28	1,42	3,15	2,27	1,43
24	6,08	5,37	1,13	6,23	5,43	1,15	6,19	5,38	1,15	5,89	5,15	1,14
48	6,37	5,64	1,13	6,45	5,62	1,15	6,32	5,51	1,15	6,36	5,19	1,22

Sowohl Gewicht als Volumen ist nach 24 Stunden in der 0,4 proc. Lösung höher gewesen, als im destillirten Wasser, nach 48 St. aber gesetzmässig niedriger.

Dasselbe gilt für das Gewicht der in 0,4 proc. Lösung von schwefels. Kali gequollenen Erbsen, was aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist.

Dauer der Einwirkung in Stunden	Concentration der Lösungen von schwefels. Kali, in welche je 20 Samen eingelegt wurden											
	0,0 pCt.			0,4 pCt.			1 pCt.			2 pCt.		
	G	V	S	G	V	S	G	V	S	G	V	S
0	3,15	2,20	1,43	3,13	5,26	1,38	3,19	2,27	1,40	3,08	2,20	1,40
24	6,27	5,45	1,15	6,48	5,26	1,23	6,13	5,30	1,16	5,88	5,07	1,16
48	6,59	5,80	1,14	6,33	5,51	1,15	6,23	5,40	1,15	5,89	4,97	1,18

Erwähnenswerth ist die Erscheinung, dass in der 0,4 proc. Lösung das Gewicht, in der 2 proc. das Volumen nach 48 Stunden eine Abnahme erfahren hat.

Betreffs der specif. Gewichte sind nach 24 Stunden in der 0,4- und 1 proc. Lösung Unregelmässigkeiten aufgetreten. Nach 48 Stunden sind die früher beobachteten Gesetzmässigkeiten vorhanden gewesen.

Dass in der 1 proc. Lösung von schwefels. Ammon auch eine Abnahme an Volumen und in der 2 proc. Lösung sowohl an Gewicht als auch an Volumen nach 48 Stunden stattgefunden hat, zeigt die folgende Tabelle.

Dauer der Einwirkung in Stunden	Concentration der Lösungen von schwefels. Ammon, in welche je 20 Samen eingelegt wurden											
	0,0 pCt.			0,4 pCt.			1 pCt.			2 pCt.		
	G	V	S	G	V	S	G	V	S	G	V	S
0	3,37	2,47	1,32	3,47	2,56	1,35	3,33	2,42	1,38	3,56	2,70	1,31
24	6,46	5,43	1,15	6,56	5,44	1,20	6,23	5,45	1,14	6,46	5,62	1,15
48	7,02	6,13	1,14	7,11	5,17	1,19	6,23	5,43	1,15	6,42	5,45	1,18

Da die Volumenzunahme in der 0,4 proc. Lösung geringer gewesen ist, als in der 1 proc., so war das spec. Gewicht in jener höher als in dieser.

Dass der saure phosphorsaure Kalk einen bedeutenderen Einfluss auf die Quellung ausgeübt hat als die neutralen Salze, lässt folgende Tabelle erkennen.

Dauer der Einwirkung in Stunden	Concentration der Lösungen von saurem phosphors. Kalk					
	0,0 pCt.			0,2 pCt.		
	G	V	S	G	V	S
0	2,76	1,99	1,39	2,62	1,87	1,40
24	5,36	4,50	1,19	4,83	4,13	1,17
48	5,67	4,92	1,15	5,06	4,35	1,16

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass in der 0,2 proc. Lösung Gewicht und Volumen von Anfang der Quellung an eine bedeutend geringere Zunahme erfahren haben als im destillirten Wasser, während dieselbe in den 0,4 proc. Lösungen aller übrigen betrachteten Salze grösser gewesen ist, als in der 0,2 proc. Lösung von saurem phosphors. Kalk. Endlich ist zu bemerken, dass das spec. Gewicht nach 24 Stunden in der Lösung niedriger gewesen ist als im destillirten Wasser, nach 48 Stunden aber gesetzmässig höher.

In der Nährlösung ist die Zunahme an Gewicht und Volumen bedeutender gewesen als in der vorher erwähnten Lösung. Bezüglich des spec. Gew. gilt das beim sauren phosphors. Kalk Beobachtete. Dies ergiebt sich aus folgender Tabelle.

Dauer der Einwirkung in Stunden	Concentration der Nährlösung, in welche 20 Samen eingelegt wurden					
	0,0 pCt.			0,2 pCt.		
	G	V	S	G	V	S
0	2,98	2,10	1,42	2,37	2,16	1,37
24	5,93	5,10	1,16	5,76	5,0	1,15
48	6,25	5,53	1,13	5,88	5,10	1,15

Aus den Quellungsversuchen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Quellen Erbsen in Salzlösungen verschiedener Concentration, so erfahren sie in 2 proc. Lösungen sowohl an Gewicht als auch an Volumen regelmässig, wie lange auch die Einwirkung dauern mag, eine geringere Zunahme, als im destillirten Wasser, während dies in den verdünnteren Lösungen erst nach 48 Stunden geschieht. Dabei erhält das Volumen einen geringeren Zuwachs, als das Gewicht, und zwar einen um so geringeren, je concentrirter die Lösungen sind, und je länger die Dauer der Einwirkung ist, so dass das Verhältniss zwischen Volumen und Gewicht bei 2 proc. Concentration und nach 48 stündiger Dauer der Einwirkung der Lösungen am weitesten, das spec. Gewicht also am höchsten ist. Das letztere ist, ebenso wie die Gewichts- und Volumenzunahmen, in der 0,2-, 0,4- und 1 proc. Lösung nach 24 Stunden bald erhöht,

bald erniedrigt. Nur Chlornatrium und salpeters. Natron bewirken in allen Concentrationen und von Anfang der Quellung an ein höheres spec. Gewicht der in ihren Lösungen quellenden Erbsen.

In der Nährlösung und in den verschieden concentrirten Lösungen von saurem phosphors. Kalk, Chlornatrium und salpeters. Natron ist die Zunahme an Gewicht und Volumen zu allen Zeiten der Quellung geringer, als im destillirten Wasser.

Die meisten Unregelmässigkeiten kommen nach 24 Stunden in den 0,4- und 1 proc. Lösungen der Kalisalze vor.

Die Gewichts- und Volumenzunahmen in Salzlösungen quellender Erbsen erreichen in desto kürzerer Zeit ihren Höhepunkt, je grösser der Concentrationsgrad der Lösungen ist; bei manchen Salzen früher, bei manchen später. Dies tritt beim schwefels. Ammon in der 1,0- und 2,0 proc. Lösung früher als nach 48 Stunden ein, wo sogar eine Abnahme an Gewicht und Volumen sich bemerkbar macht.

II. Keimung.

Die Keimungsversuche wurden zur Beantwortung folgender Fragen angestellt:

1. Wie verläuft die Keimung der Samen unter dem Einflusse verschieden concentrirter Salzlösungen
   a) bei 5 Tage dauernder, unausgesetzter Einwirkung und beschränktem Sauerstoffzutritt?
   b) bei vorübergehender, 24 Stunden anhaltender Einwirkung und während dieser Zeit beschränktem Sauerstoffzutritt?
   c) bei 5 Tage dauernder Einwirkung und von Anfang der Keimung an ungehindertem Sauerstoffzutritt?
2. Wie gestaltet sich die erste Entwicklung der Keimpflänzchen unter diesen Einflüssen?
3. Wie erfolgt die spätere Entwicklung und Vegetation der Keimpflänzchen der Gramineen, und zwar unter dem Einflusse der vorübergehenden Einwirkung eines bestimmten Salzes?

Die letztere Frage wurde aufgestellt, weil, wie später gezeigt werden wird, die Samen der Gräser im Gegensatz zu allen übrigen oben aufgezählten Samen scheinbar am wenigsten durch die Salzlösungen beeinträchtigt worden sind.

Die Keimung der Samen ging bei beschränktem Sauerstoff-

Zutritt in Gefässen vor sich, welche zur Verhütung der Verdunstung des Wassers und des damit verbundenen Concentrirterwerdens der Lösungen mit Glasscheiben überdeckt waren. Bei den Versuchen über die 5 Tage dauernde Einwirkung der Lösungen auf die Keimung bei ungehindertem Sauerstoff-Zutritt wurden die Samen in mit den Lösungen angefeuchtetem Sande zur Keimung exponirt.

Dabei fand besonders für den Zweck behandelter Sand Anwendung. Gleichartiger durch ein Sieb mit 1 *mm* weiten Maschen gelassener Sand wurde zur Auflösung unorganischer Stoffe mit concentrirter Salzsäure 24 Stunden lang digerirt, zur Beseitigung derselben mit Brunnenwasser und endlich mit destillirtem Wasser ausgewaschen. Nach dem Abtrocknen des so gereinigten Sandes wurde derselbe einige Zeit mit concentrirter Salpetersäure behandelt und zur Beseitigung organischer Substanzen geglüht.

Der auf diese Weise gereinigte Sand wurde in kleine Blumentöpfe gefüllt, welche auf Untersätze zu stehen kamen, die die in ihrem Einfluss auf die Keimung zu prüfende Flüssigkeit enthielten. Dieselbe zog sich durch die im Boden der Töpfe angebrachte Oeffnung in den Sand und durchfeuchtete ihn. Die Samen wurden in den feuchten Sand so hineingesteckt, dass sie zur Hälfte und mit der Mikropyle hervorragten, um die Beobachtung zu erleichtern und den Sauerstoff der Luft ungehindert zu den Samen treten zu lassen.

Um die Verdunstung des Wassers möglichst auszuschliessen, wurden die Blumentöpfe mit den dazu gehörigen Untersätzen über einander gestellt und mit Glasglocken lose überdeckt.

Alle 24 Stunden wurde der Verlauf der Keimung beobachtet.

Die äussere Temperatur betrug 15—20° C.

In den Keimversuchen wurde nicht nur das Keimprocent, sondern auch die Keimqualität in Betracht gezogen. Unter Keimprocent ist die Zahl zu verstehen, welche angiebt, wie viele von 100 der Einwirkung der Lösungen ausgesetzten Samen überhaupt zur Keimung gelangt sind; unter Keimqualität ist die erste Entwicklung der Keimpflänzchen zu verstehen.

Bei der Feststellung der Keimqualität wurde zunächst die morphologische, makroskopisch sichtbare Entfaltung der embryonalen Sprossanlagen in einem entwickelteren Stadium, nämlich

nach 5 Tagen, in Untersuchung genommen. Nur wenn auf diese Weise über den Grad der Sprossentwicklung nicht genau entschieden werden konnte, wurde eine weitere Prüfung angestellt. Dieselbe bezog sich alsdann auf die Ermittelung der Funktionsfähigkeit der scheinbar mehr oder weniger durch Lösungen beeinträchtigten Radicula. Dies betrifft hauptsächlich die verkümmerten und auch die in ihrer Turgescenz geschwächten Wurzeln. Mit solchen unterirdischen Organen behaftete Keimpflanzen wurden im destillirten Wasser auf Nebenwurzelbildung geprüft.

Sämmtliche Keimpflanzen erschienen nach diesen Gesichtspunkten der Untersuchung entweder lebenskräftig oder verkümmert. Zu jenen gehören alle mit normal entwickelten Stamm- und Wurzelorganen versehenen Pflänzchen und solche mit beschädigten Wurzeln, welche in ein passendes Medium gebracht, Nebenwurzeln zu treiben vermochten. Zu den verkümmerten Keimpflänzchen wurden alle scheinbar unbewurzelten, mangelhaft bewurzelten und solche Pflänzchen gerechnet, deren Wurzeln der Fäulniss anheim gefallen waren. Die Ausbildung der oberirdischen Sprosse wurde weniger berücksichtigt, da diese bei völlig fehlenden Wurzelsprossen oft üppig entwickelt waren. Die Bonitirung richtete sich fast einzig und allein nach dem Grade der Wurzelentwickelung. Die Wurzelhaarbildung kam dabei wenig in Betracht, da dem in Folge der bedeutenden Feuchtigkeit sich geltend machenden Anpassungsvermögen Rechnung getragen werden musste.

Eine spezielle Beachtung fanden nur die Keimpflänzchen derjenigen Samen, welche der vorübergehenden Einwirkung der Lösungen und der dauernden mit ungehindertem Sauerstoffzutritt ausgesetzt waren, da durch Versuche nachgewiesen worden war, dass die der 5 Tage dauernden Einwirkung bei beschränktem Sauerstoffzutritt unterworfenen Samen keine lebenskräftigen Keime zu entwickeln vermochten. Bei der Exposition der unter diesem Einflusse entfalteten Keime auf Fliesspapier erfuhren dieselben zwar eine geringe Streckung der Zellen der Radicula, verloren aber bald die Turgescenz und gingen zu Grunde.

Bei der 5 Tage dauernden Einwirkung mit beschränktem Sauerstoffzutritt konnte der Einfluss der Lösungen auf die Keimung ohnehin genau bestimmt werden. Da genügte es, mit Hilfe des konstatirten Keimprocentes den Grad der Beeinträchtigung der

Tabelle A.

Dauer der Einwirkung in Tagen

Bezeichnung der angewandten Salze

Chlornatrium				Chlorkalium				salpetersaures Kali				salpetersaures Natron				schwefelsaures Kali				schwefelsaures Ammon				Nährlösung		saurer phosphors. Kalk	
Bezeichnung der Concentration der Lösungen mit Procenten																											
0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,2	0,0	0,2

Erbsen.

1	60	50	20	—	35	15	—	—	5	15	5	5	30	20	10	—	25	10	—	—	35	—	—	—	5	—	20	—
2	95	75	75	5	60	25	5	—	55	45	30	5	60	25	10	—	45	30	—	—	75	—	—	—	35	55	70	—
3	95	80	80	5	60	25	5	—	60	50	30	5	60	25	10	—	70	30	—	—	85	—	—	—	40	75	70	—
4	95	80	80	5	60	25	5	—	60	50	30	5	60	25	10	—	80	30	—	—	95	—	—	—	40	75	70	—
5	95	80	80	5	60	25	5	—	60	50	30	5	60	25	10	—	80	30	—	—	95	—	—	—	40	75	70	—

Wicken.

1	—	—	—	—	15	—	—	—	—	5	5	—	—	—	—	—	90	5	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—
2	15	—	—	—	25	10	—	—	35	35	30	—	100	10	—	—	100	5	—	—	80	15	—	—	80	100	65	—
3	45	—	—	—	25	10	—	—	65	80	30	—	100	10	—	—	100	5	—	—	90	15	—	—	90	100	80	—
4	85	—	10	—	30	10	—	—	80	90	30	—	100	15	—	—	100	5	—	—	95	15	—	—	90	100	80	—
5	100	—	10	—	35	10	—	—	80	95	30	—	100	15	—	—	100	5	—	—	95	15	—	—	90	100	80	—

Pferdezahnmais.

1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	10	—	5	—	—	—	20	—	—	—	10	—	—	—	10	—	—	—	20	20	—	—	10	—	10	—
4	5	—	10	—	10	—	—	—	20	—	—	—	20	—	—	—	10	—	—	—	30	20	—	—	20	20	10	—
5	10	—	20	—	20	—	—	—	30	—	—	—	20	—	—	—	20	—	—	—	50	20	20	—	20	30	20	—

Gerste.

1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Hafer.

1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	20	—	—	10	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	30	25	—	—	10	10	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	50	15	5	—	30	25	—	—	10	10	5	—	—	5	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	50	25	10	—	30	25	—	—	10	10	5	—	5	5	—	—	—	—	—	—

Sommerroggen.

1	25	35	20	10	40	20	5	5	35	5	10	15	45	10	5	5	45	45	15	5	50	10	10	5	25	35	40	10
2	40	25	25	25	45	35	10	5	35	15	35	25	65	10	10	10	45	80	15	5	55	25	45	15	30	50	45	10
3	40	55	30	25	45	35	10	5	40	15	35	25	70	20	15	10	45	85	20	10	55	30	45	15	30	50	75	25
4	40	55	30	25	50	35	10	5	40	15	35	25	70	20	15	10	45	85	20	10	55	35	45	15	30	55	70	25
5	40	55	30	30	50	35	10	5	40	15	35	25	70	20	15	10	45	85	20	10	55	35	50	15	35	55	70	25

Winterroggen.

1	16	32	16	—	20	30	5	5	10	20	15	10	20	25	10	5	30	25	25	5	40	20	20	5	10	15	15	5
2	44	52	48	—	20	30	5	5	20	25	25	25	30	35	20	5	45	25	25	5	40	30	50	10	30	45	40	30
3	44	56	48	16	20	30	5	5	20	25	25	25	35	35	20	5	45	25	25	5	45	30	50	10	40	40	40	30
4	44	56	48	16	20	30	5	5	20	25	25	25	35	35	20	5	45	25	25	10	45	30	50	15	40	40	50	30
5	44	56	48	16	20	30	5	5	20	25	25	25	35	35	20	5	45	25	25	10	45	30	50	15	40	40	50	30

Winterweizen.

1	—	—	—	—	35	20	5	—	15	20	—	—	20	15	5	—	25	35	15	5	45	15	5	5	5	10	10	5
2	36	4	8	—	65	40	15	15	45	55	25	25	20	55	30	10	75	60	45	5	80	70	50	40	55	65	55	35
3	36	24	24	4	65	40	15	15	50	60	25	25	40	60	35	10	80	65	45	5	85	70	65	40	60	75	75	35
4	48	24	24	4	65	40	15	15	60	60	25	25	40	65	35	10	80	65	45	5	85	75	65	40	60	75	80	35
5	48	24	24	4	65	45	15	15	60	60	25	25	40	65	35	10	80	65	45	5	85	75	65	40	70	75	80	35

Winterraps.

1	30	—	—	—	45	60	20	25	15	40	10	—	35	25	5	—	65	65	25	5	30	15	20	5	10	5	40	10
2	75	20	40	—	60	60	20	30	50	75	35	15	75	60	40	—	65	65	40	15	60	25	35	25	50	50	75	40
3	85	50	45	35	65	60	20	30	55	75	45	15	75	70	40	—	70	65	45	15	75	25	35	40	70	70	75	40
4	85	55	60	45	75	75	20	30	55	75	45	15	75	80	50	—	70	70	45	15	75	25	40	40	75	75	75	40
5	85	75	95	55	75	75	20	30	60	75	45	15	75	80	50	—	70	70	45	15	75	25	40	40	75	80	75	40

Winterrübsen.

1	80	25	5	—	80	80	65	20	80	70	65	25	80	55	20	—	85	85	30	30	90	75	25	5	65	70	80	25
2	80	90	85	20	90	80	70	20	100	80	65	25	85	70	45	—	95	90	55	45	100	85	50	10	85	85	90	30
3	85	100	85	55	90	80	70	20	100	80	65	30	90	70	45	5	95	90	55	45	100	85	55	10	90	85	90	30
4	85	100	85	55	90	80	70	20	100	80	65	30	90	70	45	5	95	90	55	45	100	85	65	10	90	85	90	30
5	85	100	90	60	90	80	70	20	100	85	65	30	90	70	45	5	95	90	55	45	100	85	65	10	90	85	90	30

Rothklee.

1	19	77	33	—	90	73	42	5	72	82	48	33	70	48	22	—	61	62	60	28	88	69	38	—	36	21	84	30
2	44	88	60	—	96	100	94	21	84	88	78	61	85	90	50	—	83	72	73	39	88	69	75	12	100	80	90	40
3	75	88	72	—	96	100	94	37	90	88	78	61	85	90	66	—	88	72	73	66	88	69	75	12	100	80	90	40
4	81	88	77	—	96	100	94	42	90	88	78	61	85	90	66	19	88	72	73	66	88	69	81	36	100	80	90	40
5	87	88	82	—	96	100	94	42	90	88	78	61	85	90	66	19	88	72	73	66	94	69	81	44	100	90	90	40

Keimung durch weniger verdünnte Lösungen festzustellen. Bei der vorübergehenden Einwirkung und der 5 Tage dauernden mit ungehindertem Sauerstoffzutritt haben sich aber nicht selten scheinbare Gleichmässigkeiten, kein durchgreifender Unterschied in der Beeinflussung der Keimung durch verschieden concentrirte Lösungen gezeigt. Da war es nöthig, auf die Art der Einwirkung näher einzugehen und nach der Lebenskräftigkeit der Keime den Einfluss zu präcisiren.

Die nach den angegebenen Gesichtspunkten gewonnenen Daten sind in Tabellen zusammengestellt, welche in den folgenden die einzelnen Untersuchungsmethoden behandelnden Abschnitten geordnet sind.

1. Dauernde Einwirkung bei beschränktem Sauerstoffzutritt.

Die Gefässe, in denen die Samen der Einwirkung der Lösungen ausgesetzt waren, verblieben 24 Stunden lang im diffusen Licht und wurden darnach erst an einen verdunkelten Ort gestellt. Die Keimung trat unter dem Einflusse der Lösungen nur in dem Grade ein, als der in den Flüssigkeiten gelöste Sauerstoff die Athmung der Samen unterhalten konnte. Dabei wurden lediglich die Zellen der Radicula gestreckt, und zwar nur bis zu einer gewissen Grenze, welche um so enger war, je concentrirter die Salzlösung; in den 0,4 proc. Lösungen erreichte die Wurzel nicht selten 1 *cm* Länge, während sie in den 2 proc. Lösungen auf eine kurze Spitze reducirt war.

Die nun folgenden Tabellen enthalten die Zahlen, welche angeben, wie viele von 100 der Einwirkung ausgesetzten Samen bei dieser Untersuchungsmethode überhaupt gekeimt haben.

(Hier folgt Einschlag-Tabelle A.)

Aus diesen Tabellen ist zunächst ersichtlich, dass, abgesehen von Hafer und Gerste, welche schon bei längerer als 12 stündiger Quellung, selbst im destillirten Wasser, Schaden leiden, Erbsen und Wicken mehr als alle übrigen Samen durch die Salzlösungen benachtheiligt worden sind. Während die meisten Samen in der 2 proc. Lösung fast aller Salze Keime getrieben haben, ist die Keimung der Erbsen und Wicken beinahe ganz darin unterblieben. Nur die Erbsen vermochten in der 2 proc.

Lösung von Chlornatrium und salpeters. Kali noch schwach zu keimen. Im Allgemeinen ist zu bemerken, dass die Salzlösungen bei 2 proc. Concentration die Keimung stärker benachtheiligten, als bei 0,4 und 1 proc. Nicht selten trat eine Begünstigung der Keimung durch 0,4 resp. 0,2 proc. Lösungen ein, welche sich theils in einer Beschleunigung des Eintrittes der Keimung, theils in einer Erhöhung des Keimprocentes kund gegeben hat. Ganz besonders gilt dies für die Nährlösung, welche in der Regel sowohl die Keimung beschleunigt, als auch das Keimprocent erhöht hat. Erbsen und Wicken gegenüber hat sich das salpetersaure Kali besonders günstig gezeigt; es beförderte nicht allein die Keimung, sondern erhöhte auch das Keimprocent, während es sonst nur die Keimung früher eintreten liess. Das schwefels. Ammon und der saure phosphors. Kalk sind diejenigen Salze, welche sich den meisten Samen gegenüber ungünstig verhalten haben.

2. Vorübergehende Einwirkung.

Während der Einwirkung der Lösungen war dem Zutritt des diffusen Lichtes zu den Samen kein Hinderniss gesetzt; darnach erst, mit Beginn der Keimung wurde eine Verdunkelung der Samen dadurch herbeigeführt, dass die Gefässe, in denen die Keimung vor sich ging, über einander gestellt wurden.

Es sei noch bemerkt, dass, nachdem die Samen im destillirten Wasser abgewaschen worden waren, sie auf Fliesspapier, das den Boden der Gefässe bedeckte und feucht erhalten ward, 4 Tage lang zur Keimung exponirt wurden. Der Sauerstoff konnte nach der Einwirkung der Lösungen ungehindert zu den keimenden Samen treten.

In den folgenden Tabellen ist zunächst das Keimprocent angegeben, welches in allen Lösungen bedeutender gewesen ist als bei der dauernden Einwirkung mit beschränktem Sauerstoff-Zutritt.

(Hier folgt Einschlag-Tabelle B.)

Aus diesen Tabellen geht wiederum hervor, dass 2 proc. Lösungen die Keimung beeinträchtigt, 0,2-, 0,4- und 1 proc. aber dieselbe in der Regel begünstigt haben. Die oben erwähnte günstige Wirkung hat am deutlichsten Nährlösung geäussert,

Tabelle B.

Dauer der Einwirkung in Tagen	Bezeichnung der angewandten Salze																									
	Chlornatrium				Chlorkalium				salpetersaures Kali				salpetersaures Natron				schwefelsaures Kali				schwefelsaures Ammon				Nährlösung		saurer phosphors. Kalk	
	Bezeichnung der Concentration der Lösungen mit Procenten																									
	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,2	0,0	0,2
Erbsen.																												
1	35	35	30	—	—	5	—	—	15	—	—	—	50	50	15	—	35	10	10	—	15	—	—	—	5	5	10	—
2	95	100	90	15	85	85	20	10	100	100	60	40	100	90	45	15	95	80	50	—	95	15	—	—	75	95	100	—
3	100	100	90	60	95	90	45	15	100	100	90	60	100	95	45	15	95	90	75	—	95	45	—	—	95	95	100	—
4	100	100	90	70	95	95	45	20	100	100	90	70	100	100	45	15	95	90	75	—	95	65	5	5	95	100	100	—
5	90	100	90	70	95	95	45	20	100	100	90	70	100	100	45	15	95	90	90	—	95	75	5	5	95	100	100	—
Wicken.																												
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	95	95	95	5	85	80	20	—	90	90	90	15	100	100	40	—	100	100	30	—	90	10	—	—	95	90	95	—
3	100	95	100	50	95	90	35	—	100	100	100	70	100	100	85	—	100	100	60	5	95	40	10	—	100	95	100	—
4	100	95	100	55	95	95	45	5	100	100	100	75	100	100	85	—	100	100	65	5	95	75	60	10	100	95	100	—
5	100	100	100	65	95	95	45	5	100	100	100	75	100	100	85	—	100	100	75	5	95	80	60	10	100	95	100	—
Pferdezahnmais.																												
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	20	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	30	30	—	10	20	10	—	20	20	—	—	20	30	10	—	20	40	20	—	—	—	—	—	—	—	10	—
3	40	50	60	20	20	40	20	—	40	50	30	30	30	50	40	—	40	50	40	10	90	50	50	50	20	—	30	—
4	40	80	70	70	40	70	40	40	40	50	50	70	40	50	40	10	40	60	40	20	90	60	50	50	40	20	50	30
5	50	80	70	70	40	80	60	40	40	60	50	70	40	50	40	20	40	60	40	20	90	60	60	50	40	20	50	30
Gerste.																												
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	5
3	—	8	8	—	—	—	—	—	60	—	—	—	10	—	—	—	5	—	—	—	30	—	—	—	—	—	5	20
4	20	28	4	12	—	—	—	—	75	—	—	—	15	5	—	—	5	—	—	—	35	—	—	—	5	—	5	40
5	36	28	4	12	—	—	—	—	85	—	—	—	15	5	—	—	5	—	—	—	35	—	—	—	5	—	10	40
Hafer.																												
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	20	15	—	—	5	5	—	—	—	15	5	—	30	5	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—
3	16	32	16	12	20	35	—	—	5	15	—	—	—	40	5	—	30	5	15	5	5	—	—	5	—	5	—	5
4	64	32	32	12	20	40	5	5	5	20	—	—	—	40	55	5	40	5	15	5	5	—	—	5	—	5	—	5
5	72	32	32	12	20	40	5	5	5	20	5	5	—	40	55	5	40	5	15	5	5	—	—	5	—	5	—	5
Sommerroggen.																												
1	30	10	—	—	25	25	10	—	40	30	10	—	45	50	35	25	50	35	15	—	30	30	25	—	30	15	35	5
2	55	50	50	55	45	45	35	35	55	45	45	70	50	70	50	50	50	40	40	35	65	50	50	35	55	55	70	20
3	60	50	55	55	50	50	35	50	55	50	55	80	50	70	55	55	60	55	40	40	65	50	75	35	65	55	70	30
4	60	50	55	55	60	50	50	55	55	50	55	80	55	70	55	55	65	55	40	40	75	50	80	35	70	50	75	30
5	60	50	55	60	60	55	50	55	55	50	60	80	55	70	55	55	65	55	40	40	75	50	80	35	70	55	75	30
Winterroggen.																												
1	44	40	—	—	30	—	5	—	40	20	10	5	30	55	20	10	35	15	35	10	20	30	15	—	10	5	15	—
2	80	76	76	40	60	40	25	20	60	50	55	50	40	75	45	45	45	40	40	25	50	50	50	40	55	75	50	40
3	84	76	76	44	70	50	40	30	60	55	60	55	45	75	45	55	45	40	50	40	50	50	50	40	65	80	50	50
4	80	80	76	56	70	50	40	30	60	60	70	65	45	75	45	55	45	40	50	40	55	60	55	50	70	80	50	50
5	88	92	76	56	70	50	40	30	60	60	70	65	45	75	50	55	45	40	50	40	60	60	55	50	70	80	50	50
Winterweizen.																												
1	12	12	4	—	5	10	—	—	—	5	—	—	20	15	5	—	20	35	5	—	20	5	5	—	—	15	15	—
2	48	80	52	8	30	30	30	20	45	40	35	20	35	30	20	15	25	40	25	35	60	55	5	5	25	35	55	75
3	56	84	76	16	35	40	35	30	85	65	65	60	50	60	30	20	50	55	35	35	90	65	50	60	45	75	55	85
4	72	92	92	28	55	55	35	30	90	80	80	80	65	80	35	35	70	55	35	35	95	65	70	65	45	85	75	90
5	72	100	92	72	55	55	35	30	90	85	95	95	65	85	35	35	80	65	35	35	95	70	75	65	45	85	75	90
Winterraps.																												
1	15	—	—	—	20	45	10	—	35	20	15	—	45	35	15	—	70	50	35	—	15	10	—	—	20	45	30	20
2	80	75	70	65	40	80	60	10	65	80	60	10	60	65	40	10	85	75	45	20	65	30	15	—	50	90	55	35
3	90	30	80	80	55	95	70	10	80	90	65	25	70	90	40	20	95	85	55	20	75	30	15	—	60	90	85	35
4	90	100	80	80	60	95	80	20	100	90	65	40	80	95	60	25	95	95	65	20	75	30	15	—	80	90	85	35
5	90	100	80	80	60	95	80	20	100	90	65	40	80	95	60	25	95	95	65	20	75	30	15	—	80	90	85	35
Winterrübsen.																												
1	80	40	40	—	80	80	70	—	80	75	40	10	85	70	20	—	80	80	30	30	90	45	10	—	60	80	90	37
2	80	85	90	85	90	90	80	5	100	95	70	65	85	85	30	10	90	85	60	40	90	90	60	—	65	100	95	37
3	80	95	90	95	95	90	90	20	100	95	85	65	90	90	40	25	90	100	85	50	90	90	75	—	85	100	100	42
4	90	95	90	95	95	95	95	25	100	100	90	80	100	100	90	60	90	100	90	50	90	90	75	—	85	100	100	42
5	90	95	95	95	95	95	95	25	100	100	90	80	100	100	90	60	90	100	90	50	90	95	75	—	85	100	100	42
Rothklee.																												
1	55	35	35	10	70	82	58	14	73	54	54	7	88	76	16	—	74	84	60	25	66	47	20	—	72	8	94	46
2	65	70	80	70	90	88	84	70	88	96	92	28	88	94	59	42	80	90	78	69	84	90	86	42	84	72	94	46
3	70	85	80	75	90	94	90	77	94	96	96	56	88	94	64	54	86	100	84	69	90	94	86	56	96	88	100	46
4	70	85	80	75	90	94	90	77	94	96	100	56	88	100	82	72	86	100	90	69	90	94	86	56	96	88	100	46
5	70	85	85	75	90	94	90	77	94	96	100	70	88	100	82	84	86	100	90	69	90	94	86	63	96	88	100	46

welche die Keimung nicht nur beschleunigt, sondern auch das Keimprocent erhöht hat. Unter dem schädlichen Einfluss 2 proc. Lösungen haben am meisten die Leguminosen, am wenigsten die Gramineen zu leiden gehabt.

Den Leguminosen am günstigsten sind ausser Nährlösung Chlornatrium und salpeters. Kali, am ungünstigsten saurer phosphors. Kalk und schwefels. Ammon gewesen. Der saure phosphors. Kalk schädigte die Gräser weniger als alle übrigen Samen.

Im Allgemeinen haben sich die Gräser der Einwirkung der verschieden concentrirten Lösungen gegenüber sehr gleichmässig gezeigt. Nur Mais liess deutlich erkennen, dass seine Keimung durch 0,4 und 1 proc. Lösungen, seltener durch 2 proc., begünstigt wurde.

Im Ganzen traten hier dieselben Gesetzmässigkeiten auf, die schon oben erwähnt worden sind, nur mit dem Unterschiede, dass hier das Keimprocent in den 2 proc. Lösungen höher gewesen ist als bei der dauernden Einwirkung mit beschränktem Sauerstoff-Zutritt, und dass die Keimung scheinbar nicht wesentlich benachtheiligt worden ist. Ein Unterschied in der Einwirkung 2 und 0,4 – 1 proc. Lösungen tritt erst deutlich entgegen, wenn die Lebenskräftigkeit der Keime näher betrachtet wird.

In der folgenden Tabelle sind die Daten zusammengestellt, welche angeben, wie viele lebenskräftige Keime 100 der Einwirkung der Lösungen ausgesetzte Samen entwickelt haben.

(Hier folgt Tabelle auf Seite 22.)

Aus der Tabelle ergiebt sich, dass, während die Samen der Leguminosen und Cruciferen in den 2 proc. Lösungen nur einiger Salze noch lebenskräftige Keime gebildet haben, dies bei den Samen der Gräser und des Rothklees bei allen Concentrationen der verschiedenen Salzlösungen fast gleichmässig stattgefunden hat. Dafür, dass Hafer und Gerste davon abweichend sich verhalten haben, kann eine Erklärung aus Haberlandts Beobachtungen über die zweckmässige Dauer der Quellung derselben gezogen werden. Von allen Gräsern ist Mais durch 0,4- und 1 proc. Lösungen in der Keimung am meisten begünstigt worden, indem er die grösste Menge lebenskräftiger Keime entwickelt hat.

Bezeichnung der angewandten Samen	Bezeichnung der angewandten Salze																									
	Chlornatrium				Chlorkalium				salpeters. Kali				salpeters. Natron				schwefels. Kali				schwefels. Ammon				Nährlösung		saurer phosphors. Kalk	
	Bezeichnung der Concentration der Lösungen mit Procenten																									
	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,2	0,0	0,2
Erbsen . .	95	95	94	14	95	80	25	—	100	100	50	35	100	100	15	—	95	85	20	—	95	30	—	—	90	90	100	—
Wicken .	100	100	100	40	95	85	5	—	100	100	100	10	100	100	10	—	100	100	15	—	95	15	10	—	95	80	95	—
Mais . . .	50	80	70	40	40	80	20	—	40	60	50	30	40	50	40	—	40	60	10	—	80	60	60	—	40	10	50	10
Gerste . .	28	20	4	20	—	—	—	—	85	—	—	—	15	5	—	—	5	—	—	—	35	—	—	—	—	—	10	30
Hafer . .	64	32	32	12	20	35	—	—	15	20	5	5	—	—	55	5	40	5	15	5	5	—	—	—	—	5	—	5
Sommerroggen .	55	55	55	55	50	50	30	55	55	50	65	65	55	70	55	55	55	55	25	25	76	50	70	30	55	50	75	10
Winterroggen .	80	84	76	48	70	45	40	30	60	60	70	60	45	75	50	55	40	40	40	30	50	30	45	35	60	60	50	35
Winterweizen .	72	92	88	32	55	55	30	30	80	50	80	70	65	85	35	35	70	55	25	35	85	70	70	65	30	85	55	75
Winterraps . . .	90	100	70	55	45	95	50	—	90	85	35	10	75	80	20	—	95	60	30	—	75	25	15	—	55	90	85	—
Winterrübsen . .	90	95	90	80	95	95	50	—	90	85	40	20	100	100	5	—	90	70	30	—	75	95	50	—	70	95	100	—
Rothklee .	90	85	80	65	79	84	47	56	94	90	84	21	80	80	35	25	86	54	42	44	90	70	53	—	96	80	100	6

Nährlösung ist allen Samen gegenüber von günstiger Wirkung gewesen. Chlornatrium und salpeters. Kali haben die Samen der Leguminosen und Cruciferen am wenigsten, saurer phosphors. Kalk und schwefels. Ammon am stärksten in der Keimkraft geschädigt.

Der Unterschied in der Entwicklung der lebenskärftigen Keimpflanzen unter dem Einflusse verschieden concentrirter Lösungen wird deutlicher, wenn die Entfaltung der Sprosse in Betracht gezogen wird.

Mit Rücksicht darauf ist nun das tangentiale Wachsthum der Radicula und Plumula in Zahlen zum Ausdruck gebracht worden, welche aus den mit den verschiedenen Salzlösungen angestellten Versuchen als Durchschnittszahlen gewonnen wurden. Dieselben sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

(Folgt Tabelle auf Seite 24 und 25.

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, dass bei den Keimpflanzen der meisten Gramineen die tangentiale Zellstreckung der Radicula und Plumula durch 2 proc. Lösungen nicht wesentlich stärker als durch verdünntere benachtheiligt worden ist, während bei der Keimung aller übrigen Samen eine erwähnenswerthe Beeinträchtigung der Sprossentwicklung durch 2 proc. Lösungen stattgefunden hat.

Eine Begünstigung des tangentialen Wachsthums der Sprosse durch 0,4 proc. Lösungen ist bei allen Keimpflanzen ausser bei denjenigen der Erbsen und Wicken, des Sommer- und Winterroggens eingetreten.

Bei der Untersuchung der Sprossentwicklung in radiärer Wachsthumsrichtung ist festgestellt worden, dass auch die Keimung der Erbsen und Wicken, des Sommer- und Winterroggens durch 0,4 proc. Lösungen begünstigt worden ist.

3. Dauernde Einwirkung bei ungehindertem Sauerstoff-Zutritt.

Durch das Uebereinanderstellen der Blumentöpfe, in denen die Keimung der Samen in dem feuchten Sande vor sich ging, war eine Verdunklung derselben von Anfang bis zum Ende der Keimung geboten.

Im Allgemeinen sind auch bei dieser Untersuchungsmethode

Concentration der angewandten Lösungen	Bezeichnung der angewandten Samen									
	Erbsen		Wicken		Mais		Gerste		Hafer	
	Bezeichnung der Sprosse									
pCt.	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P
0,0	5,0	2,5	3,7	2,7	1,6	0,6	2,3	1,1	3,1	2,1
0,4	4,0	2,0	2,5	2,0	2,4	1,2	2,4	1,2	3,0	2,2
1,0	2,6	1,0	1,6	0,8	2,6	1,1	3,0	2,0	2,2	2,2
2,0	1,1	1,0	1,0	0,5	1,3	0,5	1,5	0,3	2,3	2,0

Bemerkung: R = Radicula, P = Plumula,

die schon oben constatirten Gesetzmässigkeiten beobachtet worden, mit dem Unterschiede aber, dass hier die Keimung begünstigende Wirkung mehr hervorgetreten, die Keimung schädigende jedoch mehr in den Hintergrund getreten ist. Dies lassen zunächst die Tabellen über das Keimprocent erkennen.

(Hier folgt Einschlag-Tabelle C.)

Die Gesetzmässigkeit, dass 0,4 und 1 proc. Lösungen die Keimung begünstigten, ist am strengsten in der ersten Zeit der Einwirkung der Salzlösungen auf die Keimung vorhanden gewesen; nach 5 Tagen aber hat bei allen Samen ausser bei Rothklee zwischen der durch 2 proc. Lösungen Anfangs herbeigeführten Retardirung der Keimung und der durch verdünntere Lösungen bewirkten Begünstigung eine Ausgleichung stattgefunden. Dies ist am meisten bei den Samen der Gramineen eingetreten.

Die Keimung von Rothklee ist in den 2 proc. Lösungen von Chlornatrium und Chlorkalium ganz ausgeblieben, während sie in den 2 proc. Lösungen von salpeters. Natron, schwefels. Kali und schwefels. Ammon sehr schwach verlaufen ist.

Die Nährlösung hat sich der Keimung aller Samen gegenüber wiederum günstig erzeigt.

Der saure phosphors. Kalk und das schwefels. Ammon haben den Samen der Leguminosen und Cruciferen gegenüber eine weniger schädliche Wirkung geäussest, als sonst beobachtet worden ist.

Ein deutlicher Unterschied zwischen den Einwirkungen der verschieden concentrirten Lösungen auf die Keimung lässt sich

Tabelle C.

Dauer der Einwirkung in Tagen	Bezeichnung der angewandten Salze																									
	Chlornatrium				Chlorkalium				salpetersaures Kali				salpetersaures Natron				schwefelsaures Kali				schwefelsaures Ammon				Nährlösung		saurer phosphors. Kalk	
	Bezeichnung der Concentration der Lösungen mit Procenten																									
	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,2	0,0	0,2
Erbsen.																												
1	—	—	—	—	20	60	25	5	—	—	15	—	95	90	60	—	15	25	25	20	—	20	—	—	5	5	10	—
2	85	95	100	30	95	100	95	70	90	95	100	75	95	95	85	85	95	100	100	90	85	100	85	—	75	70	95	50
3	100	100	100	65	95	100	100	75	95	100	100	100	95	95	95	95	100	100	100	90	100	100	85	60	100	95	95	80
4	100	100	100	70	95	100	100	75	100	100	100	100	95	95	95	95	100	100	100	90	100	100	85	60	100	95	95	85
5	100	100	100	70	95	100	100	75	100	100	100	100	95	95	95	95	100	100	100	90	100	100	85	60	100	95	95	85
Wicken.																												
1	10	15	—	—	85	25	15	—	20	20	25	—	70	90	60	—	45	55	40	5	80	75	10	—	60	45	55	30
2	85	100	95	5	95	75	65	25	100	100	95	90	100	95	100	75	100	100	100	55	100	85	70	—	95	90	95	80
3	100	100	100	75	95	95	80	45	100	100	100	90	100	95	100	95	100	100	100	65	100	90	85	30	95	100	95	85
4	100	100	100	75	95	95	85	50	100	100	100	90	100	95	100	95	100	100	100	65	100	95	95	35	95	100	95	85
5	100	100	100	85	95	95	95	50	100	100	100	90	100	95	100	95	100	100	100	65	100	95	95	35	95	100	95	85
Pferdezahnmais.																												
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	10	20	10	—	20	20	—	—	—	20	20	—	10	20	20	—	10	10	—	—	—	—	10	20
3	30	50	40	—	20	50	20	40	40	50	30	30	40	40	60	—	40	40	50	20	30	70	30	20	—	—	20	30
4	40	70	60	10	60	60	30	40	40	60	40	30	60	60	60	10	40	40	60	20	80	80	70	70	50	30	20	60
5	50	70	60	10	60	60	30	40	50	60	40	30	60	60	60	10	40	40	60	20	90	80	90	70	60	30	40	70
Gerste.																												
1	—	—	—	—	55	45	45	10	35	30	5	—	40	5	—	—	30	60	35	35	30	60	25	—	25	15	25	25
2	28	32	4	—	65	45	45	60	50	50	35	20	55	30	40	40	30	60	35	45	45	75	45	30	50	30	60	45
3	28	40	16	4	65	50	45	60	55	55	45	45	55	30	40	40	45	60	40	45	45	75	45	30	55	30	65	45
4	28	40	16	12	65	50	45	60	55	55	45	45	60	30	40	40	45	60	50	50	50	75	45	35	55	30	65	45
5	28	40	20	16	65	50	45	60	55	55	45	45	60	30	40	40	45	60	50	50	50	80	55	35	55	30	65	45
Hafer.																												
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	8	8	—	—	45	60	20	10	30	40	35	—	50	35	15	—	55	65	60	25	45	45	5	—	30	50	40	50
3	48	52	24	—	80	75	65	35	80	80	70	55	90	85	80	55	80	95	90	85	95	70	35	5	45	70	70	90
4	80	84	60	—	80	75	75	45	85	85	85	85	95	90	85	75	95	90	95	85	95	85	65	60	60	75	75	100
5	84	88	100	28	80	75	75	45	85	85	85	85	95	90	85	80	95	90	95	85	95	90	75	60	60	75	75	100
Sommerroggen.																												
1	55	5	—	—	75	65	30	30	5	5	15	—	50	20	50	25	30	45	65	75	40	10	5	5	35	25	25	10
2	70	60	75	30	80	65	60	55	75	55	30	50	80	75	75	75	80	65	80	80	65	75	65	50	60	70	65	70
3	90	75	80	50	80	70	70	55	90	70	50	65	85	85	85	75	90	65	80	80	70	75	75	75	75	75	75	75
4	90	75	90	55	80	70	70	55	90	70	55	65	90	85	85	85	90	75	80	80	70	75	75	75	75	75	75	75
5	90	75	90	60	80	70	70	55	90	70	55	65	90	85	85	85	90	75	80	80	70	75	75	75	75	75	75	80
Winterroggen.																												
1	35	28	—	—	35	25	55	30	—	—	—	—	10	25	20	10	40	35	30	10	5	10	—	—	20	5	10	—
2	70	56	36	—	45	35	60	50	50	65	25	60	45	60	60	50	70	60	60	50	25	40	40	35	45	45	65	45
3	80	88	84	32	45	35	60	50	65	80	35	80	50	60	70	50	70	60	65	75	30	45	50	50	50	45	65	45
4	80	88	88	84	45	35	60	50	65	80	35	80	50	60	70	50	70	60	65	75	30	45	50	50	50	45	65	45
5	80	88	88	88	45	35	60	50	65	80	35	80	50	65	70	50	70	60	65	75	50	45	55	50	50	45	65	45
Winterweizen.																												
1	—	—	—	—	5	—	10	—	—	—	—	—	5	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—
2	48	60	8	—	75	55	25	15	10	20	15	—	45	30	25	15	60	20	30	10	25	20	25	10	20	45	55	50
3	92	96	76	40	100	80	30	25	90	70	45	45	85	40	35	30	85	70	75	10	80	35	40	25	70	85	90	75
4	92	100	88	80	100	80	30	25	100	100	75	75	95	55	50	30	90	75	90	70	90	50	90	50	85	95	100	100
5	96	100	88	80	100	80	55	25	100	100	75	75	95	75	50	40	90	75	90	70	100	60	95	80	85	95	100	100
Winterraps.																												
1	25	5	—	—	70	90	75	25	20	20	40	20	55	45	25	10	20	65	40	40	25	45	25	5	25	15	20	5
2	55	90	60	10	90	95	90	75	90	80	90	65	95	75	65	55	75	100	80	80	90	90	85	25	80	85	85	65
3	95	90	75	15	90	100	90	75	100	80	95	75	95	85	80	75	80	100	90	90	90	95	95	35	85	85	95	75
4	95	95	75	30	90	100	90	75	100	85	95	75	95	85	80	80	80	100	90	90	90	95	95	35	85	90	95	75
5	95	95	80	40	90	100	90	75	100	85	95	75	95	85	80	80	85	100	90	90	90	95	95	35	85	90	95	75
Winterrübsen.																												
1	60	80	—	—	80	85	75	95	50	75	75	20	85	90	75	10	50	90	100	80	85	75	20	85	65	85	95	95
2	100	90	80	5	95	90	80	95	95	95	100	100	100	100	95	25	80	95	100	90	95	85	45	95	80	95	95	95
3	100	90	100	30	95	95	85	95	95	95	100	100	100	100	95	40	85	95	100	90	95	95	75	95	95	95	100	95
4	100	90	100	35	95	95	85	95	95	95	100	100	100	100	95	50	85	100	100	95	95	95	75	95	95	95	100	95
5	100	90	100	35	95	95	85	95	95	95	100	100	100	100	95	50	85	100	100	95	95	95	75	95	95	95	100	95
Rothklee.																												
1	49	66	—	—	74	47	16	—	38	6	18	—	30	25	6	—	47	57	31	—	54	60	24	—	62	19	70	28
2	84	90	61	—	84	58	31	—	88	79	80	60	80	38	6	5	95	68	57	5	96	96	78	11	100	70	85	100
3	91	90	92	—	90	63	31	—	88	100	96	78	90	38	6	5	95	68	63	11	96	96	84	16	100	75	100	100
4	91	90	92	—	90	63	37	—	88	100	86	84	95	57	10	10	95	68	63	11	96	96	84	37	100	82	100	100
5	91	96	92	—	90	63	42	—	88	100	86	84	95	57	10	10	95	74	74	16	96	96	84	37	100	88	100	100

gewandten Samen

Sommer-roggen		Winter-roggen		Winter-weizen		Winter-raps		Winter-rübsen		Rothklee	
und Länge in *cm.*											
R	P	R	P	R	P	R	C	R	C	R	C
5,7	5,0	4,6	3,6	4,0	2,2	4,7	2,6	2,2	2,7	2,3	2,1
5,0	4,1	4,2	3,3	4,0	2,6	3,2	3,4	2,7	3,6	2,6	2,4
3,1	2,8	4,2	4,2	3,0	2,1	1,7	2,2	2,3	2,0	1,8	2,0
2,3	2,3	3,5	2,6	2,2	2,0	1,7	1,3	0,9	1,0	1,4	1,3

C = Cotyledonen.

für die meisten Samen erst finden, wenn auf die Lebenskräftigkeit der entwickelten Keime näher eingegangen wird

Die auf die Keimqualität sich beziehenden Zahlen enthält folgende Tabelle.

(Hier folgt Tabelle auf Seite 26.)

Nach dieser Tabelle haben Erbsen, Wicken, Mais, Gerste und Winterrübsen in den 0,4 proc. Salzlösungen ebenso viele oder mehr lebenskräftige Keime entwickelt, wie im destillirten Wasser. Bei Rothklee ist diese Erscheinung nur in der 0,4 proc. Lösung von Chlornatrium und salpeters. Kali beobachtet worden, bei Winterraps in derjenigen von Chlornatrium und Chlorkalium, bei Winterroggen und Winterweizen nur in der Chlornatriumlösung. Die stärkste Benachtheiligung der Keimung durch 2 proc. Lösungen haben nächst dem Rothklee die Samen der Leguminosen und Cruciferen erfahren, welche in den 2 proc. Lösungen nur einiger Salze, wie von Chlornatrium und salpeters. Kali noch lebenskräftige Keime getrieben haben. Bei den Gräsern hat sich diese Beeinträchtigung der Keimung durch Salzlösungen nicht allen Samenspecies gegenüber gleichmässig geltend gemacht; Sommerroggen ist durch 2 proc. Lösungen am wenigsten, Mais und Winterroggen am meisten geschädigt worden. Die Keime von Winterweizen und Hafer sind in den 2 proc. Lösungen von Chlornatrium und salpeters. Natron alle verkümmert gewesen. Ueberhaupt scheinen die beiden eben erwähnten Salze, in concentrirterer Form angewandt, die Keimung der Samen der Gramineen am ungünstigsten beeinflusst zu haben, da in den 2 proc. Lösungen derselben

Bezeichnung der angewandten Samen	Bezeichnung der angewandten Salze																									
	Chlornatrium				Chlorkalium				salpeters. Kali				salpeters. Natron				schwefels. Kali				schwefels. Ammon				Nährlösung		saurer phosphors. Kalk	
	Bezeichnung der Concentration der Lösungen mit Procenten																									
	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	0,2	0,0	0,2
Erbsen . .	100	100	95	15	95	100	95	—	95	100	100	35	95	95	80	—	100	100	50	10	95	100	70	—	90	85	95	85
Wicken .	95	100	95	50	95	90	75	—	100	100	100	—	100	95	60	—	100	95	15	—	95	90	50	—	95	100	95	45
Mais . . .	50	70	70	10	60	60	10	10	50	60	40	30	60	60	60	10	40	40	30	10	90	80	60	40	60	30	40	60
Gerste . .	28	40	16	10	65	45	45	25	55	55	35	20	60	30	35	15	40	55	35	45	50	80	55	35	55	30	65	45
Hafer . .	76	60	40	—	80	75	65	45	85	85	50	55	95	85	65	—	90	90	60	60	95	95	75	—	60	75	75	100
Sommerroggen .	90	65	65	40	75	70	70	25	80	70	50	65	80	65	65	40	80	70	75	80	70	70	70	35	65	75	70	65
Winterroggen .	80	88	68	8	40	35	60	30	60	70	30	70	45	50	65	5	60	50	50	55	50	30	20	15	45	40	50	45
Winterweizen .	84	88	76	—	90	75	30	25	100	60	30	20	75	35	20	—	90	35	45	10	80	60	40	30	85	85	85	85
Winterraps . .	80	80	70	10	85	95	15	—	100	85	95	20	95	70	30	10	75	50	5	—	90	75	20	—	85	90	95	25
Winterrübsen .	85	85	80	5	85	85	70	—	90	95	100	—	100	95	70	—	80	90	—	—	95	95	—	—	95	95	40	—
Rothklee .	65	65	65	—	90	63	37	—	88	100	96	—	90	45	5	—	100	69	31	—	96	72	—	—	100	75	100	100

alle Grassamen, ausser Sommerroggen, der sonst gemachten Beobachtung entgegen in der Keimung beeinträchtigt worden sind.

Durch die Nährlösung sind Wicken, Hafer, Sommerroggen und Winterraps in der Entwicklung lebenskräftiger Keime begünstigt worden.

Das schwefels. Ammon hat ganz besonders den Leguminosen und Cruciferen gegenüber seine nachtheilige Wirkung geäussert. Durch den sauren phosphors. Kalk ist die Keimung der Samen der Cruciferen am meisten benachtheiligt worden, während es die Keimkraft der Samen der Gramineen nicht selten erhöht hat.

Bei der Betrachtung der Sprossentwicklung der Keimpflanzen ergiebt sich, dass in den 0,4- und 1 proc. Lösungen die Sprosse am üppigsten gewesen sind.

(Hier folgt Tabelle auf Seite 28 und 29.)

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Sprossentwicklung aller Keimpflanzen, ausser von Gerste und Wicken, durch 0,4 proc. Lösungen gefördert, durch 2 proc. aber gehemmt worden ist. Das Letztere hat am meisten bei Rothklee statt gehabt, bei welchem sich die Sprosse schon in den 1 proc. Lösungen unvollkommen entwickelt haben. Die geringste Schädigung der tangentialen Ausbildung der Sprosse hat Sommerroggen davon getragen, während die übrigen Gramineen unter dem schädlichen Einfluss der Lösungen eben so sehr zu leiden gehabt haben, wie alle anderen in Untersuchung gezogenen Samen.

Im Anschluss an die Untersuchungen über die Lebenskräftigkeit der Keime mögen nun die verkümmerten Keime näher betrachtet werden.

Durch die Salzlösungen wurden hauptsächlich die Wurzelsprosse in ihrer Entfaltung beeinflusst. Dieselben erlangten bei den Keimpflänzchen der Leguminosen, Cruciferen und des Rothklees in den 2 proc. Lösungen der meisten Salze eine höchst mangelhafte Entwicklung; denn es ging nicht allein die tangentiale Zellstreckung unvollkommen vor sich, sondern es wurde auch die anatomische Structur der Zellen unnormal gestaltet und die physiologische Function derselben beeinträchtigt.

Die verkümmerten Keime des Rothklees und der Cruciferen machten oft den Eindruck, als ob ihnen die Wurzel fehlte, während

Concentration der angewandten Lösungen	Bezeichnung der angewandten Samen									
	Erbsen		Wicken		Mais		Gerste		Hafer	
	Bezeichnung der Sprosse									
pCt.	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P
0,0	5,3	3,0	5,0	4,0	1,5	0,5	4,6	7,5	5,2	2,8
0,4	6,0	3,1	3,6	3,7	2,4	1,3	4,4	6,0	5,0	3,3
1,0	3,0	1,8	2,1	2,3	1,8	1,0	3,0	3,7	2,7	1,2
2,0	0,78	1,4	0,5	1,0	1,0	0,5	1,5	1,3	1,0	—

Bemerkung: R = Radicula, P = Plumula,

der Stammspross mächtig entwickelt war. Bei näherer Betrachtung erschien die Wurzel rudimentär und mit einigen Wurzelhaaren versehen. Es ist dies eine ähnliche Erscheinung gewesen, wie sie Nobbe[1]) beim Beizen des Weizens mit stärkeren Kupfervitriollösungen beobachtet hatte, wobei die gekeimten Samen einen deutlich entwickelten Gras-, aber keinen Wurzelkeim hatten erkennen lassen.

Nicht selten war eine Einschnürung zwischen dem rudimentären Wurzelkeim und dem knollig verdickten Stammspross vorhanden.

Der Einfluss 2 proc. Lösungen auf die Keimung der Samen der Gramineen machte sich in sehr vereinzelten Fällen in der Weise geltend, dass wohl ein Gras-, aber kein Wurzelkeim sich entwickelte. Derselbe erschien nur als eine geringe Hervorragung aus der Mikropyle, welche jedenfalls die mechanisch hervorgetriebene Coleorrhiza bildete. Der untere Rand derselben war oft zerschlitzt und liess die Nebenwurzelspitzen zum Vorschein kommen.

Die etwa entwickelten Wurzeln der verkümmerten Keime waren sowohl in tangentialer als radialer Richtung unnormal beschaffen. Entweder waren sie sehr dünn, fadenförmig und lang, oder sehr kurz und an der Spitze knollig verdickt. Beide Erscheinungen wurden besonders häufig bei den verkümmerten Keimpflanzen der Leguminosen beobachtet. Bemerkenswerth ist, dass an den Auftreibungen Wurzelhaare sich fanden, während dieselben an den übrigen Theilen der Wurzel fehlten.

1) Nobbe, Samenkunde 1876.

gewandten Samen

Sommer-Roggen		Winter-Roggen		Winter-Weizen		Winter-Raps		Winter-rübsen		Rothklee	
und Länge in *cm*											
R	P	R	P	R	P	R	C	R	C	R	C
4,7	5,3	4,3	5,2	3,7	3,0	3,7	3,4	3,0	4,7	1,5	3,0
5,1	7,5	5,3	7,1	4,0	4,0	4,0	4,7	3,3	5,1	1,7	3,0
3,3	4,1	3,1	5,0	3,0	2,0	1,5	3,1	1,4	4,7	0,9	1,5
2,8	4,5	1,5	2,1	1,0	1,4	0,8	2,0	0,75	—	—	—

C = Cotyledonen.

Wenn auch dem Anpassungsvermögen Rechnung getragen werden musste, so war doch der Umstand, dass die Wurzelhaare die Wurzel vielfach unnormal besetzten, nicht mit Gleichgültigkeit anzusehen. Oft erschienen sie büschelig, zottig, gekrümmt; nahmen nicht allmählich nach der Spitze zu ab, sondern hörten plötzlich auf, um dann wieder plötzlich zu beginnen. Dies geschah meist an den kranken, mit brauner Spitze versehenen Wurzeln der Keimpflanzen der Gramineen und an den rudimentären Wurzeln der Keimpflanzen der Cruciferen und des Rothklees.

Dass oft durch die Lösungen die physiologische Function der Wurzelzellen bei zu Anfang auch normal beschaffenen Wurzeln geschädigt worden ist, geht daraus hervor, dass erst im Laufe der Weiterentwicklung der Keime die Wurzeln sich an der Spitze bräunten, der Fäulniss anheim fielen und ihr Wachsthum einstellten, auch in ein günstiges Medium gebracht keine Nebenwurzeln zu bilden vermochten. Ehe diese Erscheinung eingetreten ist, wurde die Turgescenz der Zellen beeinträchtigt. Denn solche Wurzeln vermochten keine Nebenwurzeln zu treiben, obwohl Höcker und Wülste in dem Bildungsgewebe aufgetreten sind, wie mikroskopisch nachgewiesen worden ist.

Aus den Keimungsversuchen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

0,2- und 0,4 proc. Salzlösungen bringen im Allgemeinen eine günstige Wirkung auf die Keimung hervor; sie beschleunigen dieselbe, befördern sie, bewirken eine üppigere Sprossentwicklung und bedeutendere Lebenskräftigkeit der Sprosse.

1 proc., besonders aber 2 proc. Lösungen hemmen den Verlauf der Keimung, schieben dieselbe hinaus oder vereiteln sie ganz und gar. Es werden, wenn überhaupt Keime gebildet werden, dieselben mangelhaft entwickelt. Die Sprosse entfalten sich ungleich und nicht normal; bald werden die Stamm-, bald die Wurzelorgane mehr begünstigt; oft erscheinen die Wurzeln rudimentär, während die oberirdischen Sprosse normal entwickelt sind.

Der schädigende Einfluss der Salzlösungen auf die Keimung steigert sich, der günstige aber verringert sich um so mehr, je beschränkter der Sauerstoffzutritt ist.

Nährlösung und, in 0,4 proc. Lösung angewandt, salpeters. Kali und Chlornatrium befördern ganz besonders die Keimung der Samen der Leguminosen und Cruciferen; saurer phosphors. Kalk und schwefels. Ammon dagegen erweisen sich denselben gegenüber als höchst schädlich, selbst bei 0,2- resp. 0,4 proc. Concentration.

Die Samen der Gramineen werden durch die Lösungen sowohl bezüglich des Keimprocentes als auch der Lebenskräftigkeit der entwickelten Keime am wenigsten geschädigt. Durch stärkere Lösungen, so durch 2 proc., wird ihre Keimung nicht selten begünstigt. Im Ganzen macht sich eine grosse Gleichmässigkeit in der Einwirkung verschieden concentrirter Lösungen auf die Keimung der Samen der Gramineen geltend. Chlornatrium und salpeters. Natron fügen, in 2 proc. Concentration angewandt, den Samen der Gramineen am meisten Schaden zu. Sommerroggen wird durch diese Salze wie durch alle übrigen am wenigsten in der Keimung beeinträchtigt. Mais wird durch 0,4- und 1 proc. Salzlösungen unter allen Gräsern am bedeutendsten begünstigt.

Zur Untersuchung der Weiterentwicklung der Keimpflanzen der Gramineen wurde der Sommerroggen gewählt, weil dieser eine vortheilhaft kurze Vegetationszeit hat, der Verlauf der Weiterentwicklung sich daher in kurzer Zeit hat feststellen lassen, und weil von allen Halmfrüchten der Sommerroggen die grösste Resistenz der Einwirkung verschieden concentrirter Salzlösungen entgegengesetzt hat.

In der oben beschriebenen Weise wurde der Sommerroggen der Einwirkung von schwefels. Ammon 24 Stunden lang ausgesetzt und 4 Tage zur Keimung auf Fliesspapier exponirt.

Nachdem die Keimpflänzchen im destillirten Wasser Wurzeln gebildet hatten, wurden die 3 kräftigsten Pflanzen jeder Kategorie in Nährstofflösung gesetzt. Dieselbe wurde zu Anfang in halber Concentration, nach 10 Tagen erst die Normallösung angewandt. Die letztere ist Anfangs alle 10 Tage, später öfters erneuert worden.

Die Weiterentwicklung der Keimpflanzen wurde bis zur Aehrenbildung beobachtet.

Es zeigte sich bald, schon nach den ersten Tagen, dass die Keimpflanzen derjenigen Samen, welche im destillirten Wasser die Quellung eingegangen waren, von den Pflanzen der 0,4- und besonders 1 proc. Lösung im Wachsthum überholt und während der ganzen Vegetation übertroffen wurden. Die Blattbildung trat bei den aus dem destillirten Wasser stammenden Pflanzen stets eher ein, als bei den übrigen. Die Keimpflanzen der 2 proc. Lösung dagegen behielten von Anfang bis zu Ende der Vegetation ein kümmerliches, krankhaftes Aussehen und vermochten die anderen Pflanzen im Wachsthum nicht einzuholen.

Die 0,4- und 1 proc. Lösungen bewirkten eine vollkommenere und üppigere Entfaltung der Vegetationsorgane, sowohl der unterirdischen als auch der oberirdischen Sprosse. Die Wurzel war lang, stark und reich verzweigt; der Halm dick und kräftig, die Internodien zahlreich und lang; die Blätter lang, breit und dunkelgrün. Die Vegetationszeit wurde zwar verlängert, die Aehrenbildung hinausgeschoben und die Reife verzögert, jedoch eine vollkommenere Entwicklung der reproduktiven Organe herbeigeführt und das den Gräsern so eigenthümliche Bestockungsvermögen gefördert. Es hat also nicht allein eine Ausgleichung in der Entwicklung der unbeeinflussten und der durch 0,4- und 1 proc. Lösungen beeinflussten Keimpflanzen stattgefunden, sondern sogar eine wesentliche Begünstigung (Taf. II).

Durch 2 proc. Salzlösungen dagegen wurde bei der Keimung im Samenkorn eine für die ganze spätere Vegetation nachhaltige nachtheilige Wirkung hervorgerufen. Die Entwicklung der unter diesem Einflusse entstandenen Keimpflanzen wurde nicht allein verlangsamt, sondern sogar aufgehalten und beeinträchtigt. Die Pflanzen gediehen unvollkommen, blieben klein und in allen ihren Organen schwach; die Wurzel erschien mangelhaft, dünn, faserig,

wenig verzweigt; der Halm dünn und durchscheinend; die Blätter schmal und hellgrün. Aehrenbildung trat gar nicht ein, geschweige Reproduktion. Das Bestockungsvermögen war ganz und gar aufgehoben.

So beherrscht ein durch Salzlösungen auf die Keimung der Samen der Gramineen herbeigeführter, vorübergehender Einfluss die ganze fernere Existenz der Keimpflänzchen; 0,4- und 1 proc. Lösungen begünstigen und fördern ihre Entwicklung, 2procentige jedoch beeinträchtigen sie.

Durch die Keimungsversuche ist erwiesen, dass die Salze, welche in den in der Landwirthschaft gebräuchlichen künstlichen Düngern enthalten sind, schon insofern eine Bedeutung erlangen, als sie die Entfaltung der embryonalen Anlagen im Samenkorn in höchst günstiger Weise beeinflussen.

Da nun bei Verwendung der in der Landwirthschaft üblichen auch grössten Mengen von Düngsalzen im Boden niemals eine stärkere als 0,4 proc. Lösung entsteht, so braucht der Landwirth, ohne Rücksicht auf die von Nessler und Tautphöus gemachten Erwägungen, in der Anwendung von Düngsalzen kurz vor der Aussaat nicht ängstlich zu sein; dieselben werden im Gegentheil stets eine günstige Wirkung äussern, wenn nur vermieden wird, dass die Samen mit den ausgestreuten Salzen in unmittelbare Berührung kommen, da dann leicht eine stärkere Lösung entsteht und diese die Samen in der Keimkraft schädigt. Deshalb sind die Salze nach dem Ausstreuen zunächst mit dem Boden (durch Eggen) zu mischen und alsdann erst die Samen auszusäen.

Erklärung der Tafel.

Fig. I. Durch Salzlösungen nicht beeinflusste Sommerroggenpflanze.

„ II. Durch eine 1,0 procentige Lösung von schwefelsaurem Ammon beeinflusste Pflanze.

„ III. Durch eine 2,0 procentige Lösung von schwefelsaurem Ammon beeinflusste Pflanze.

„ IV. Unter dem Einflusse der 1,0—2,0 procentigen Salzlösungen verkümmerte Erbsen- und Wickenkeime.

„ V. Unter dem Einflusse der 1,0—2,0 procentigen Salzlösungen verkümmerte Keimpflänzchen von Raps, Rübsen und Rothklee.

„ VI. Unter dem Einflusse der 2,0 procentigen Salzlösungen verkümmerte Keimpflänzchen von Samen der Gräser (Roggen).

Verlag v. Paul Parey in Berlin.